

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2003-232860

(43)Date of publication of application : 22.08.2003

(51)Int.Cl.

G01T 1/20

(21)Application number : 2002-034290

(71)Applicant : HAMAMATSU PHOTONICS KK

(22)Date of filing : 12.02.2002

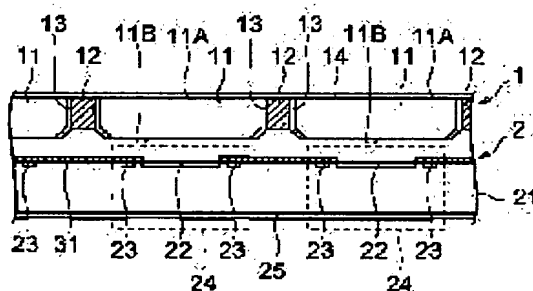
(72)Inventor : YAMANAKA TATSUMI  
FUJII YOSHIMAROU

## (54) RADIATION DETECTOR

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To dispose with ease two-dimensionally arranged scintillators and photodiodes so that they can correspond accurately to each other.

**SOLUTION:** A photodiode array 20 is provided with p-type semiconductor layers 22 on the front surface side thereof. Light reflection films 31 are formed in positions away from the layers 22 on the surface side of the array 2. A scintillator panel 1 is disposed on the front surface side of the array 2. The scintillators 11 are disposed in positions on the panel 1 corresponding to the layers 22, and light-outgoing surfaces 11B of the scintillators 11 are made larger than the areas of exposed parts of the layers 22. The areas of radiation-incoming surfaces 11A of the scintillators 11 are made larger than the areas of the surfaces 11B.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

18.10.2004

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2003-232860

(P2003-232860A)

(43)公開日 平成15年8月22日(2003.8.22)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

識別記号

F I

テーマコード(参考)

G 0 1 T 1/20

G 0 1 T 1/20

E 2 G 0 8 8

B

G

審査請求 未請求 請求項の数2 O L (全 6 頁)

(21)出願番号 特願2002-34290(P2002-34290)

(22)出願日 平成14年2月12日(2002.2.12)

(71)出願人 000236436

浜松ホトニクス株式会社

静岡県浜松市市野町1126番地の1

(72)発明者 山中 辰己

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ

トニクス株式会社内

(72)発明者 藤井 義磨郎

静岡県浜松市市野町1126番地の1 浜松ホ

トニクス株式会社内

(74)代理人 100088155

弁理士 長谷川 芳樹 (外2名)

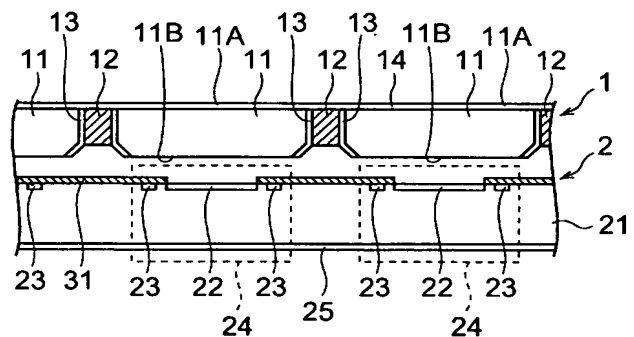
Fターム(参考) 2G088 EE01 FF02 GG20 JJ05 JJ09

## (54)【発明の名称】 放射線検出器

## (57)【要約】

【課題】 2次元的に配列されたシンチレータとフォトダイオードとを正確に対応させて配置することを容易に行うことができるようにする。

【解決手段】 フォトダイオードアレイ2における表面側には、p型半導体層22が設けられている。フォトダイオードアレイ2の表面側のうち、p型半導体層22を避けた位置には光反射膜31が形成されている。フォトダイオードアレイ2における表面側には、シンチレータパネル1が配設されている。シンチレータパネル1におけるp型半導体層22に対応する位置には、シンチレータ11が配設されており、シンチレータ11の光出射面11Bは、p型半導体層22の露出部の面積よりも広くされている。また、シンチレータ11の放射線入射面11Aの面積は、光出射面11Bの面積よりも広くされている。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 第 1 導電型の半導体基板の表面側に、2 次元状に配列された複数の第 2 導電型半導体層が形成され、前記第 1 導電型の半導体基板と各第 2 導電型半導体層との間に形成される p n 接合によりそれぞれがフォトダイオードとして機能し、前記半導体基板の表面が光入射面となっている表面入射型のフォトダイオードアレイを備え、

前記フォトダイオードアレイの表面側における前記複数の第 2 導電型半導体層に対応する位置に、放射線入射面と光出射面を有するシンチレータがそれぞれ配設されており、

前記フォトダイオードアレイの表面における前記第 2 導電型半導体層を避けた位置に光反射膜が形成され、前記第 2 導電型半導体層が前記光反射膜から露出する露出部の面積が、前記シンチレータにおける光出射面の面積よりも小さくされていることを特徴とする放射線検出器。

【請求項 2】 前記シンチレータにおける前記放射線入射面は、前記光出射面より大きな面積を有している請求項 1 に記載の放射線検出器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は、シンチレータとフォトダイオードとを組み合わせた放射線検出器に関するものである。

## 【0002】

【従来の技術】 近年、医療機関で使用される X 線断層撮像装置（X 線 CT 装置）では、スライス方向に複数列の X 線検出器を 2 次元配列し、1 回の X 線照射によって複数の CT 画像を得る、いわゆるマルチスライス化が検討されている。また、この種の X 線照射装置では、X 線検出器としての放射線検出器が用いられているが、この放射線検出器においても、マルチスライス化に対応することが要請される。

【0003】 かかる要請に対応すべく、たとえば特開平 7-333348 号公報に開示された放射線検出器がある。この放射線検出器は、複数のシンチレータを 2 次元的に配置してなるシンチレータパネルと、これらの複数のシンチレータに対応して設けられた複数のフォトダイオードを有する配線基板を備えるものである。このように、複数のシンチレータを 2 次元的に配置することにより、複数の CT 画像を得ることができる。

## 【0004】

【発明が解決しようとする課題】 ところで、この種の放射線検出器では、複数のシンチレータとフォトダイオードとを対応させて配置する必要がある。ここで、シンチレータが 1 次元的に配設されているものであれば比較的その配置を容易に行うことができるが、2 次元的にシンチレータが配置された放射線検出器では、このような対

応関係を正確に行いながらシンチレータとフォトダイオードを配置するのは容易ではない。しかし、上記従来の公報に開示された放射線検出器では、それらを正確に対応する手段についてはなんら言及していないものである。特に近年においては、フォトダイオードの微細化、高集積化が進んでいるため、複数のシンチレータとフォトダイオードとを対応させて配置するのはさらに困難となっている。

【0005】 そこで、本発明の課題は、2 次元的に配列された複数のシンチレータと、これらのシンチレータに対応して設けられた複数のフォトダイオードを有する放射線検出器において、シンチレータとフォトダイオードとを正確に対応させて配置することを容易に行うことができるようにすることにある。

## 【0006】

【課題を解決するための手段】 上記課題を解決した本発明は、第 1 導電型の半導体基板の表面側に、2 次元状に配列された複数の第 2 導電型半導体層が形成され、第 1 導電型の半導体基板と各第 2 導電型半導体層との間に形成される p n 接合によりそれぞれがフォトダイオードとして機能し、半導体基板の表面が光入射面となっている表面入射型のフォトダイオードアレイを備え、フォトダイオードアレイの表面側における複数の第 2 導電型半導体層に対応する位置に、放射線入射面と光出射面を有するシンチレータがそれぞれ配設されており、フォトダイオードアレイの表面における第 2 導電型半導体層を避けた位置に光反射膜が形成され、第 2 導電型半導体層が光反射膜から露出する露出部の面積が、シンチレータにおける光出射面の面積よりも小さくされていることを特徴とする。

【0007】 本発明においては、フォトダイオードアレイの表面における第 2 導電型半導体層が光反射膜から露出する露出部の面積が、シンチレータにおける光出射面の面積よりも小さくされている。このため、第 2 導電型半導体層に対するシンチレータの相対的な位置がわずかにずれていても、シンチレータから出射される光は第 2 導電型半導体層に入射するか、もとのシンチレータに戻ることになる。したがって、シンチレータを第 2 導電型半導体層に対して精度良く位置決めしなくとも、シンチレータから出射される光を第 2 導電型半導体層に対して確実に導入することができる。よって、シンチレータと第 2 導電型半導体層を正確対応させて配置することを容易に行うことができる。

【0008】 また、シンチレータにおける放射線入射面は、光出射面より大きな面積を有しているのが好適である。

【0009】 このように、シンチレータにおける放射線入射面が、光出射面より大きな面積を有していることにより、シンチレータ間のギャップが小さくなる。したがって、シンチレータによって放射線が入射しない部分

の面積を小さくすることができ、もってフォトダイオードアレイの高密度化および高出力化を図ることができる。

#### 【0010】

【発明の実施の形態】以下、図面とともに本発明による放射線検出器の好適な実施形態について詳細に説明する。なお、図面の説明においては同一要素には同一符号を付し、重複する説明を省略する。また、図面の寸法比率は、説明のものと必ずしも一致していない。

【0011】図1は本発明による放射線検出器の第1実施形態の構成を示す側面断面図、図2はその平面図である。

【0012】本放射線検出器は、放射線を入射して、その放射線によって生じた光を光出射面から出射するシンチレータパネル1と、シンチレータパネル1から出射された光を光入射面から入射し、電気信号に変換するフォトダイオードアレイ2とを備えている。なお、図1においては、シンチレータパネル1の下面が光出射面、フォトダイオードアレイ2の上面が光入射面となっている。

【0013】図2は、図1に示した放射線検出器をシンチレータパネル1側から見た上面図である。シンチレータパネル1は、複数のシンチレータ11とシンチレータ固定用部材12とを備えている。シンチレータ11の間にシンチレータ固定用部材12を設けることによって、シンチレータ11において発生したシンチレーション光が、他のシンチレータ11に対応するフォトダイオードに入射する、いわゆる光クロストークの発生を抑制することができる。また、シンチレータ11とシンチレータ固定用部材12とが一体に固定されていることによって、シンチレータパネル1の機械的強度を向上させることができる。複数のシンチレータ11は、それぞれ検出対象の放射線の入射に対してシンチレーション光を発生する物質からなり、図2に示すように2次元アレイ状に配列されている。

【0014】これらのシンチレータ11に対し、シンチレータ固定用部材12は複数のシンチレータ11の間に設けられている。また、シンチレータ11は、図1に示すように、シンチレータ固定用部材12よりも下方に突出しており、この突出した部位には、所定の角度のテーパが付与されている。このテーパは、フォトダイオードアレイ2に近づくにしたがって、狭まるようにして形成されている。このため、シンチレータ11の放射線入射面11Aは、光出射面11Bよりも大きい面積を有している。さらに、シンチレータ11の側面には、シンチレータ11内で発生したシンチレーション光を反射する酸化チタンなどからなる光反射膜13が形成されている。そして、シンチレータ11の放射線入射面には、光反射シート14が貼着されている。光反射シート14は、たとえば反射材を含む高分子材料からなる反射シートである。この光反射シート14は、隣接するシンチレータ1

1, 11にまたがって貼着されている。

【0015】フォトダイオードアレイ2は、pn接合が形成される表面側を光入射面とする表面入射型の構成を有している。フォトダイオードアレイ2は、導電型がn型（第1導電型）であり、フォトダイオードアレイ2の基体となるn型半導体基板21と、シンチレータ11と一対一に対応するようにn型半導体基板21内部の表面側に形成されたp<sup>+</sup>型（第2導電型）拡散層である複数のp型半導体層（第2導電型半導体層）22と、複数のp型半導体層22の間にそれぞれ形成されたn型半導体基板21より高濃度のn<sup>+</sup>型拡散層であるn型半導体層（第1導電型半導体層）23とを備える。

【0016】本構成では、p型半導体層22と、p型半導体層22の裏面側に位置するn型半導体基板21のn型半導体層部分とがpn接合を形成することによって、フォトダイオード24が構成されている。ここで、検出対象である放射線がシンチレータパネル1のシンチレータ11に入射すると、シンチレータ11内においてシンチレーション光が発生する。発生したシンチレーション光は直接に、または光出射面以外の面上に形成された光反射膜13と光反射シート14によって反射されて、光出射面からフォトダイオードアレイ2へと出射される。そして、シンチレータ11の光出射面から出射された光は対応するフォトダイオード24へ入射する。

【0017】また、n型半導体基板21の裏面側には、n型半導体基板21より高濃度のn型半導体層であるn型高濃度不純物層25が、全体に略一定の厚さで設けられ、図示しない金属電極（カソード電極）とオーミック接続される。ここで、フォトダイオード24へ入射したシンチレーション光によって、n型半導体基板21内部にキャリアが発生する。発生したキャリアは、p型半導体層22へ移動する。そして、光検出信号がアノード電極およびカソード電極から取り出される。

【0018】さらに、フォトダイオードアレイ2は、図示しないがn型半導体基板の表面上にアノード電極を、裏面にカソード電極をそれぞれ備えている。アノード電極はp型半導体層22に、カソード電極はn高濃度不純物層25にそれぞれ電氣的に接続されている。フォトダイオードアレイ2の動作時には、アノード電極とカソード電極との間には、フォトダイオード24への印加電圧が逆バイアスとなるような電圧が与えられる。また、フォトダイオード24への印加電圧は、零バイアスであっても良い。

【0019】フォトダイオードアレイ2の表面には、フォトダイオードアレイ2からの光検出信号の検出器外部への出力などに用いられる図示しない配線が設けられている。

【0020】さらに、フォトダイオードアレイ2の表面側におけるp型半導体層22を避けた位置には、光反射膜31が形成されている。光反射膜31は、フォトダイ

オードアレイ2の表面におけるp型半導体層22を除くすべての位置を覆っている。また、p型半導体層22における光反射面31から露出する露出部の面積は、シンチレータ11における光出射面11Bの面積よりも小さくされている。さらに、シンチレータ11における光出射面11Bは、平面視したときに、言い換えれば、シンチレータ11からフォトダイオードアレイ2を望む方向に見たときに、シンチレータ11の光出射面11Bの範囲内に収まるようにして配置されている。このため、シンチレータ11における光出射面11Bから出射した光はp型半導体層22に入射するほか、他の一部は光反射膜31に反射して、シンチレータ11内に戻ってくる。

【0021】以上の構成を有する本実施形態に係る放射線検出器においては、シンチレータ11の光出射面11Bの面積は、p型半導体層22における光反射膜31から露出する露出部の面積よりも大きくされている。また、フォトダイオードアレイ2の表面におけるp型半導体層22が形成されている露出部以外の位置には、光反射膜31が形成されている。このため、p型半導体層22に対するシンチレータ11の相対的な位置がわずかにずれていても、シンチレータ11から出射される光はp型半導体層22に入射するか、もとのシンチレータ11に戻るようになる。したがって、シンチレータ11をp型半導体層22に対して精度良く位置決めしなくとも、シンチレータ11から出射される光をp型半導体層22に対して確実に導入することができる。よって、シンチレータ11とp型半導体層22を正確に対応させて配置することを容易に行うことができる。

【0022】また、本実施形態におけるシンチレータ11は、放射線入射面11Aの面積が、光出射面11Bの面積よりも大きくされている。このため、シンチレータパネルにおける隣接するシンチレータ11のシンチレータ間のギャップが小さくなるので、シンチレータパネル1における放射線が入射しない部分の面積を小さくすることができ、もってフォトダイオードアレイの高密度化および高出力化を図ることができる。

【0023】さらに、本実施形態におけるp型半導体層22としては、その表面の面積が小さなものを用いることができる。このため、p型半導体層22（フォトダイオード24）同士の間の幅を大きくすることができるので、その分配線を行う領域を広く確保することができる。したがって、配線を容易に形成することができる。とともに、多チャンネル化を容易に図ることができる。

【0024】なお、シンチレータ11の間にシンチレータ固定用部材を設けると、シンチレータ11同士は直接に隣接しないように配置される。これによって、あるシンチレータにおいて発生したシンチレーション光が、他のシンチレータに対応するフォトダイオード24に入射する、いわゆる光クロストークの発生を抑制することができる。

【0025】以上に詳説した図1に示す放射線検出器の具体的な構成の一例としては、以下に示すような構成のX線検出器が挙げられる。すなわち、シンチレータパネル1の上面側から見た形状を一边12mmの正方形とし、その中に8個×8個の配列（ピッチ1.5mm）で一辺1mm、厚さ2mmのシンチレータ11を配置する。シンチレータ11面上には、適宜の膜厚の光反射シート14を貼着する。

【0026】一方、フォトダイオードアレイ2については、基板厚板部の厚さが $270\mu\text{m}$ でキャリア濃度 $1.0 \times 10^{12}\text{cm}^{-3}$ のn型半導体基板21を用いる。また、n型半導体基板21の表面側に、キャリア濃度 $1.0 \times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ のp型半導体層22を厚さ $0.5\mu\text{m}$ で形成する。また、p型半導体層22の間にはキャリア濃度 $1.0 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ のn型半導体層23を厚さ $1.5\mu\text{m}$ で形成し、n型半導体基板21の裏面側にはキャリア濃度 $5.0 \times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ のn型高濃度不純物層25を厚さ $0.2\mu\text{m}$ で形成する。

【0027】まず、図3(a)に示すように、X線などの放射線が照射されるとシンチレーション光を発生するCWOもしくはCsIなどからなるシンチレータ11を用意する。次に、図3(b)に示すように、その一方の面（図3(b)中の下面）にシンチレータ固定用部材12を埋め込むための凹部を格子状に形成する。続いて、図3(c)に示すように、続いて、格子状に形成されたシンチレータ11の下端部をそれぞれ加工し、面取りして、所定角度のテーパを付与する。その後、図3(d)に示すように、光反射膜13を他方の面（図3中の上面）を除く全面に酸化チタン等を蒸着することにより形成する。

【0028】シンチレータ11に光反射膜13を蒸着した後、図3(e)に示すように、シンチレータ11に形成された格子状の凹部に、X線を遮蔽する性質を有する銅もしくは鉛を埋め込むことにより、シンチレータ固定用部材12を形成する。それから、図3(f)に示すように、上下の面を研削することにより、シンチレータ11を複数に分割する。これら分割されたシンチレータ11の上面が放射線入射面11Aとなる。続いて、光反射膜13のうち下面に形成されていた部分のみを取り除いて光出射面11Bを形成する。ここで、シンチレータ11に製造過程において、シンチレータ11の下端部にはテーパが形成されている。このテーパが形成されていることにより、シンチレータ11における放射線入射面11Aの面積は、光出射面11Bの面積よりも大きくされる。そして、光反射シート14をシンチレータ11の上面に貼着してシンチレータパネルを形成する。その後、図1に示すように、別途製造されたフォトダイオードアレイ2の表面にシンチレータパネル1を配置することにより、放射線検出器を製造することができる。

【0029】上記の製造方法によって、第1実施形態の

放射線検出器を製造することができる。

【0030】なお、上記実施形態では、シンチレータ間に固定部材を設けて、複数のシンチレータを有するシンチレータパネルが形成される例について説明したが、この固定部材を設けない態様とすることができる。シンチレータ間に固定部材を設けない場合には、シンチレータの放射線入射面に形成した光反射膜に代えて、光反射シートを利用し、隣接するシンチレータ間にまたがるように、光反射シートを貼着することができる。この光反射シートを用いると、シンチレータを固定する固定用部材を必要とすることがない。しかも、固定部材を設ける必要がないので、シンチレータの放射線入射面のさらなる高密度化および高出力化を図ることができる。

【0031】他方、p型半導体層22の表面の面積は、シンチレータ11の光出射面11Bよりも小さいことからp型半導体層22としても小型のものを利用することができる。このため、フォトダイオード24としての接合容量を低減するため、暗電流を発生させることが少なくなる。したがって、フォトダイオード24の低ノイズ化を図ることができる。

【0032】続いて、本発明の第2実施形態について図4を参照して説明する。

【0033】図4に示すように、本実施形態では、シンチレータパネル40が上記第1実施形態と異なり、フォトダイオードアレイ2は同一の構成を有している。本実施形態に係るシンチレータパネル40は、複数のシンチレータ41、41…を有している。シンチレータ41は、第1実施形態と同様にCWOもしくはCsIによって形成されており、下方が突出する凸型をなしており、その高さ方向中央部にテーパが付与されている。シンチレータ41における上面は、放射線入射面41Aであり、下面は光出射面41Bとなっている。この放射線入射面41Aは、光出射面41Bよりも面積が広がっている。

【0034】隣接するシンチレータ41、41間には、シンチレータ固定用部材42が設けられている。シンチレータ固定用部材42は、第1実施形態と同様に、X線を遮蔽する性質を有する銅もしくは鉛によって構成されている。さらに、シンチレータ41の側面には、光反射膜43が酸化チタンを蒸着することによって形成されている。また、シンチレータパネル40におけるシンチレータ41の放射線入射面41A側には、たとえば反射材を含む高分子材料からなり、隣接するシンチレータ41、41にまたがって配設された光反射シート44が貼着されている。

【0035】以上の構成を有する本実施形態に係る放射線検出器では、シンチレータ41における放射線入射面

41A側は広い面積を有し、光出射面41B側は狭い面積を有するようにすることができる。こうして、放射線を広い範囲で入射して、隣接するシンチレータ41、41間のギャップを小さくするとともに、p型半導体層22に対して、光を確実に出射する態様とすることもできる。

【0036】なお、本実施形態においては、シンチレータの中央部にテーパを付与する態様としているが、このようなテーパを付与することなく、水平な段部を形成して下方に突出する凸型として形成することもできる。

【0037】以上、本発明の好適な実施形態について説明したが、本発明は他の実施形態とすることができる。たとえば、上記各実施形態では、シンチレータにおける放射線入射面に光反射シートを貼着しているが、たとえば酸化チタン等を蒸着して、光反射膜を形成することもできる。また、上記各実施形態では、好ましい態様として、シンチレータを平面視したときの形状を正方形としているが、これを他の形状、たとえばハニカム形状や長円形状とすることなども考えられる。

【0038】

【発明の効果】以上のとおり、本発明によれば、2次元的に配列された複数のシンチレータと、これらのシンチレータに対応して設けられた複数のフォトダイオードを有する放射線検出器において、シンチレータとフォトダイオードとを正確に対応させて配置することを容易に行うことができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明による放射線検出器の第1実施形態の構成を示す側面断面図である。

【図2】本発明による放射線検出器の第1実施形態の構成を示す平面図である。

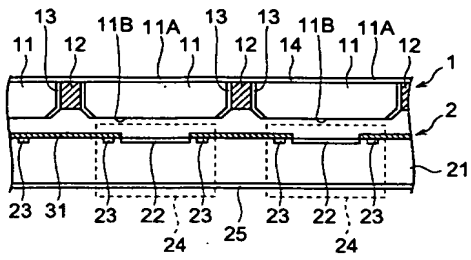
【図3】第1の実施形態に係る放射線検出器の製造方法の一例を示す工程図である。

【図4】本発明による放射線検出器の第2実施形態の構成を示す側面断面図である。

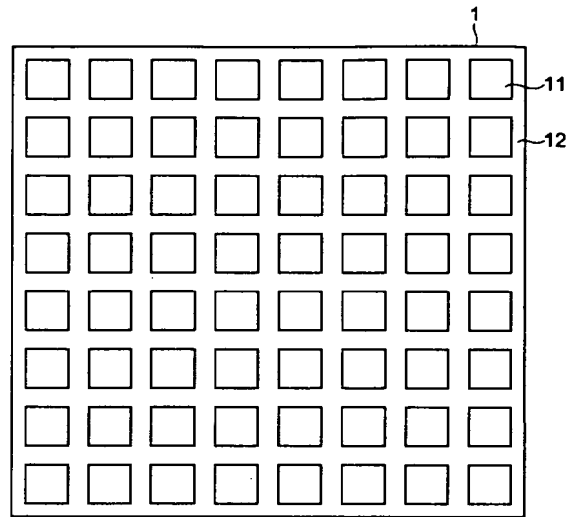
【符号の説明】

1…シンチレータパネル、2…フォトダイオードアレイ、11…シンチレータ、11A…放射線入射面、11B…光出射面、12…シンチレータ固定用部材、13…光反射膜、14…光反射シート、21…n型半導体基板、22…p型半導体層、23…n型半導体層、24…フォトダイオード、25…n型高濃度不純物層、31…光反射膜、40…シンチレータパネル、41…シンチレータ、41A…放射線入射面、41B…光出射面、42…シンチレータ固定用部材、43…光反射膜、44…光反射シート。

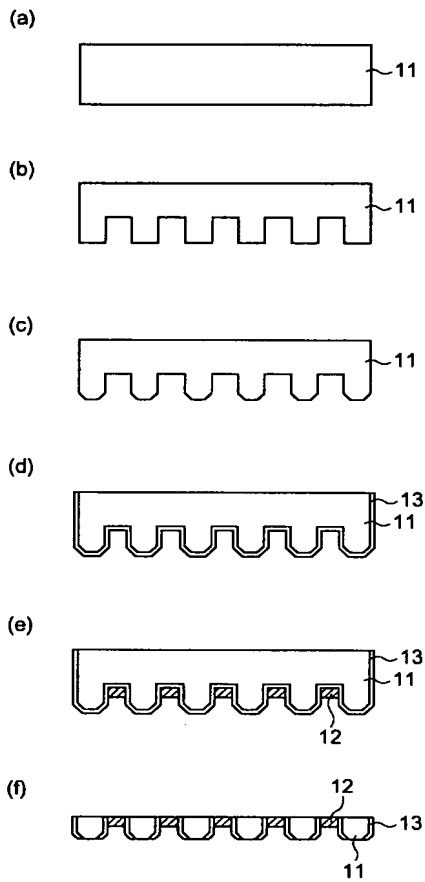
【図 1】



【図 2】



【図 3】



【図 4】

